

# La transmisión mecánica frente a la de tipo continuo, en los tractores



## Fendt 209 y Fendt 211 Vario

---

Pilar Barreiro Elorza. Profesora titular.

Eva Baguena Isiegas. Ingeniero agrónomo. Dpto. Ingeniería Rural. ETSIA Madrid

---

Los días 15 y 16 de diciembre de 2009 se llevaron a cabo en Juneda (Lleida) unos ensayos de campo y transporte encaminados a verificar las distintas prestaciones de un tractor Fendt 209 (gestión mecánica del motor y cambio sincronizado) comparado con un tractor Fendt 211 Vario (gestión electrónica del motor y de la transmisión de tipo continuo entre 0,02 y 40 km/h). En este artículo se resumen los resultados de las pruebas realizadas.

La realización de los ensayos fue propuesta y supervisada por tres técnicos de la empresa Fendt, correspondiendo la labor de instrumentación, recogida y procesado de datos a miembros de la Universidad Politécnica de Madrid. La gran evolución técnica de los tractores en los últimos años queda claramente patente y se traduce en: una mejora de la ergonomía y seguridad en el uso, una muy elevada disminución del consumo de combustible, una mejora de la uniformidad de la labor y un significativo incremento del rendimiento en campo del tractor.

### Características técnicas de los Fendt 209 y 211 Vario

#### Motor y transmisión

El modelo 211 Vario monta un motor Deutz Common rail de 3 cilindros con control electrónico y recirculación externa de los gases de escape con refrigeración, a diferencia del Fendt 209, con un motor turbo con 4 cilindros y bomba de inyección lineal con control mecánico.

En cuanto al sistema de transmisión, en el Fendt 209 es sincronizado con 21 marchas adelante y 21 marchas atrás, mientras que en el Fendt 211 Vario se dispone de una variación de velocidades continua entre 0,02 km/h y 40km/h. En este último modelo, la gestión electrónica conjunta del motor y de la transmisión permite optimizar constantemente el punto de trabajo del motor con el fin de conseguir una reducción significativa del consumo en el trabajo en campo, a pesar de que el consumo específico mínimo del motor es el mismo según los ensayos normalizados. El **cuadro I** compara algunas de las características técnicas de los modelos ensayados.

Tras la verificación en campo de las características técnicas, se puede destacar que el tractor Fendt 211 Vario, al tener un motor de 3 cilindros (3,3 l) es más compacto que el 209 (4 cilindros 4,4 l) con nuevo sistema de refrigeración con radiadores en posición lateral, diseño modular que al reducir el espacio destinado al motor permite un mayor depósito de gasoil y mayor espacio en el eje delantero para favorecer el giro. Un pequeño detalle es la presencia de un prefiltro decantador de gasoil que permite la separación de agua de manera que es posible poder trabajar con gasoil de calidad variable.

Por otra parte, el tractor está preparado para trabajar con biodiésel. Las bombas de alta presión del Common rail están refrigera-



das con el aceite del motor y hacen que se caliente menos el gasoil. El filtro de aire es de tipo ciclón de alto rendimiento con un elevado caudal de aire de entrada, sin prefiltro para reducir la resistencia a la entrada. Además, tiene un sistema de eliminación de residuos para aumentar su vida útil. Los radiadores laterales ofrecen menos resistencia al paso del aire y la potencia absorbida por el ventilador se reduce.

En el tractor Fendt 211 Vario, el inversor permite cambio bajo carga independientemente de la velocidad en que nos encontremos sin riesgo alguno para el usuario, ya que el sistema de gestión automatizada del motor y de la transmisión realiza la modificación de forma suave.

La transmisión se maneja con la mano (palanca de pomo esférico) o con el pie, este último sobre todo para transporte y trabajos con pala. De esta manera, la velocidad de avance se regula con el pie o con la palanca de mano y es posible variar el régimen de motor con el acelerador de mando sin que cambie la velocidad de avance, porque la transmisión Vario se autorregula.

La regulación electrónica de motor permite grabar regímenes de motor y velocidades de avance, uno u otro o ambos a la vez. Para lo único que se pisa el embrague es para arrancar el motor. Es importante destacar que este tipo de posibilidades de pregrabado suelen estar disponibles normalmente en modelos de mayor gama. Destacar también que este tractor ha tenido un gran éxito en Alemania donde se busca un tractor polivalente y único para la explotación.

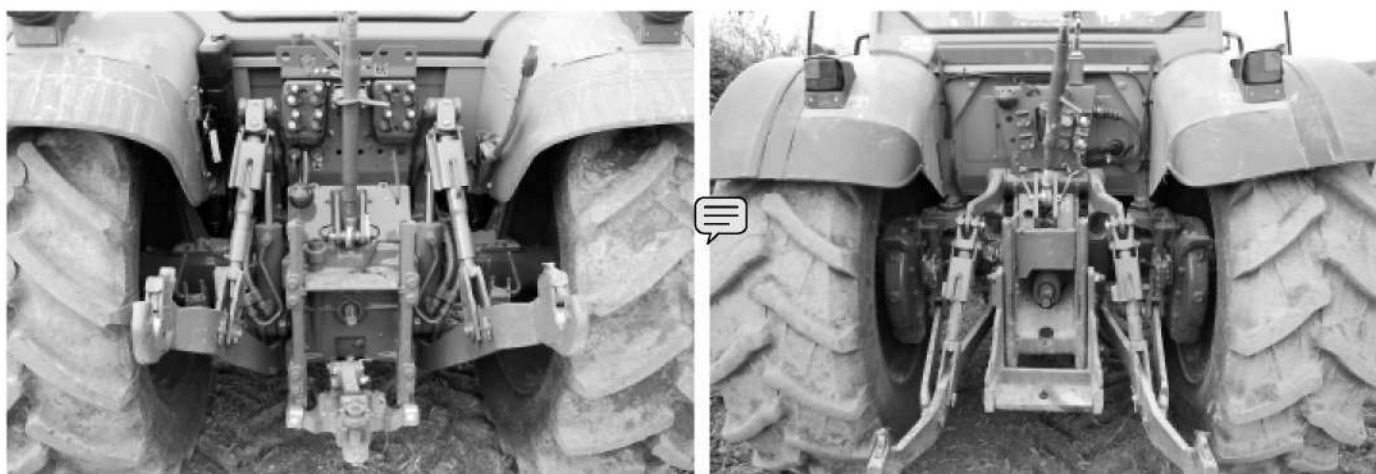
### Toma de fuerza y elevador hidráulico

El Fendt 211 Vario está especialmente preparado para trabajos en la parte delantera (palas cargadoras y aperos con accionamiento a la tdf frontal). El elevador delantero está integrado en el diseño para que no sobresalga, igual que la toma de fuerza frontal. Dispone de separación de aceites del hidráulico y de las transmisiones para disponer de fluidos específicos para cada tipo de función. El eje trasero es más robusto con reducción final directa mediante planetarios y no en cascada como en el 209. La suspensión en cabina no viene de serie, aunque sí la suspensión al eje delantero que es de tipo hidroneumática.

El tractor Fendt 211 Vario dispone de tres regímenes a la toma de fuerza trasera, la pre-selección de velocidad y el embrague electro-

**CUADRO I. Comparativa de las características técnicas de ambos modelos.**

	<b>Fendt 209</b>	<b>Fendt 211 Vario</b>
Potencia (kW/CV)	70/95	85/110
Nº cilindros /cilindrada (L)	4 (4,4 l)	3(3,3 l)
Inyección /Presión de inyección (bar)	Bomba lineal 900	Common rail 1.100
Control de la inyección	Mecánico	Electrónico con recirculación externa y refrigerada de gases de escape AGRex
Par máximo (N·m)	339	458
Reserva de par (%)	24	44
Consumo específico mínimo	210 g/kW/h a 2.100 rpm	210 g/kW/h a 1.900 rpm
Tracción	4WD	4WD
Transmisión	Sincronizada 21 adelante x 21 atrás	Continua de 0,02 a 40 km/h
Ángulo de giro	58°	52°
Capacidad de elevación hidráulico trasero (kN)	30,80	42,04
Capacidad de elevación hidráulico delantero (kN)	21,40	24,90
Nº velocidades a la toma de fuerza trasera	3 (540, 540E, 1000)	3 (540, 540E, 1000)
Toma de fuerza delantera	-	540
Peso en vacío (kg)	2.750 kg	3.939 kg
Altura máxima (m)	2,42	2,57
Ancho total (m)	1,666	2,186
Despeje(m)	0,38	0,475



hidráulico están muy cerca en el panel de mando. Dispone de TDF delantera y en el control de la TDF trasera puede emplearse un sistema de desconexión automática de la toma de fuerza durante la elevación del apero, y retorno a un régimen preestablecido tras virajes. Hay un menú de configuraciones que permite visualizar las distintas preselecciones, y se emplea un mono mando para trabajo con pala frontal.

El 211 Vario es un tractor con una mayor potencia a la toma de fuerza que el 209 como se verá posteriormente, resultando fundamental la suspensión al eje delantero en el uso de aperos frontales.

Por último insistir en que el enganche delantero se inserta en la zona del motor para evitar sobrecargas al eje delantero, y en que el diseño del tractor se basa en un chasis modular para acortar al máximo el tractor.

### Un diseño diferenciado

Entre ambos tractores existe una gran diferencia en diseño y configuración, punto que ha sido objeto de un análisis específico en campo.

### Dimensiones

Los neumáticos traseros y delanteros son más grandes en el modelo 211 Vario, para obtener el máximo rendimiento de su transmisión propia de modelos superiores y para mejorar la tracción, destacando no obstante su reducida batalla (2,29 m). Además, se ha ampliado el eje delantero para permitir un ángulo de giro de hasta 52° incluso con estos neumáticos de mayor ancho. El despeje con la rueda estándar es mucho mayor (de 38 cm en el 209 a 47,5 cm en el 211). El mayor ancho de vía da más estabilidad en pendientes y operaciones de carga, y la reducción de altura respecto a otros tractores de similar potencia (110 CV, 85 kW), favorece un centro de gravedad bajo.

El tractor 211 Vario al principio sorprende porque parece ancho en comparación con el Fendt 209, pero, como se ha comentado anteriormente, ello es en parte debido al diseño del eje delantero. En el eje trasero el aumento del ancho de vía (1,70 m vs 1,50 m) es en parte debido a la diferencia de neumáticos más anchos en el 211. Sin embargo, la longitud del eje trasero no es tan distinta (1,18 m en este modelo vs 1,06 m de longitud de eje trasero en el tractor Fendt 209). Este año, Fendt también ha sacado al mercado un frutero Vario, pero este tractor 211 está pensado para un uso polivalente incluyendo trabajos en explotación ganadera, en zonas de montaña, con alta maniobrabilidad dentro de apriscos y graneros.





### Especificaciones de la cabina

La altura de la cabina es reducida porque se inserta dentro del vehículo y sin embargo resulta muy amplia (ofrece incluso un asiento supletorio), en parte gracias a la peculiaridad de que es posible atravesarla de lado a lado sin dificultad, gracias a su suelo plano (consecuencia del sistema transmisión Vario). Esto permite usar los pedales indistintamente con el pie derecho o izquierdo cuando se trabaja mirando hacia atrás en la conexión de aperos.

En el interior de la cabina, los mandos son fácilmente reconocibles por su código de colores (azul para el hidráulico, amarillo para la toma de fuerza, naranja para el motor y verde para el menú de configuración del panel de control). Todos los mandos están a la vista y no hay que girarse para poder accionarlos.

Tiene una gran visibilidad, ya que la zona acristalada se prolonga hasta la parte más baja de la cabina. Ambos modelos disponen de apertura del cristal frontal para mejorar la visibilidad en determinados trabajos con pala (evitar reflejos) y techo de cristal. Las luces también son muy importantes, dispone de varios conjuntos situados a distinta altura: luz de carretera arriba y delante, y en los laterales luz de trabajo para que la presencia de aperos frontales no impida la visibilidad; además, tiene un conjunto de luces traseras muy destacable.

### Ergonomía y economía

El sonido en cabina es reducido en parte porque el tractor tiende a trabajar en regímenes bajos (1.400 rpm) debido al sistema automatizado de gestión del motor, salvo demanda elevada de carga tal y como se verá en los ensayos de campo. El modo pedal funciona siempre en modo TMS que quiere decir que se encuentra en modo gestión automáti-



ca del motor, porque el concepto es que nosotros no jugamos con el régimen de motor sino con la velocidad de avance de manera que el consumo de combustible se optimiza. En modo manual se puede manejar simultáneamente régimen de motor (acelerador de mano) y velocidad de avance (mando manual), o se puede trabajar también en modo TMS de manera que nosotros variamos la velocidad de avance y la centralita selecciona el régimen de motor más adecuado.

Se puede visualizar el consumo a través del menú de configuración, obteniendo los valores instantáneos y medio, y tiene como opción dos posibles acumulados (para uso diario y semanal, por ejemplo). El tractor Fendt 211 Vario, dispone en el panel de instrumentos de visualización del régimen del motor y de la tdf delantera y trasera, velocidad de avance y valores pregrabados de velocidad de avance y de toma de fuerza. La tdf delantera no es seleccionable en velocidad. En la tdf trasera, al intentar cambiar el régimen bajo carga se produce un desembragado automático sin riesgo ninguno para la mis-

ma, siendo necesario pulsar el botón de embragado para reactivarla. Dentro de las posibilidades de pregrabado, existe la posibilidad de memorizar el régimen de la tdf, así si queremos agitar una cuba, podemos desde la parte trasera del tractor activar la tdf, de manera que el motor se acelera hasta situarse en el régimen solicitado a la tdf en condiciones de consumo mínimo.

En una hora es posible hacerse perfectamente con el uso del tractor en todas sus potencialidades, con completa seguridad por parte del usuario. Resulta imposible provocar el calado del motor porque el sistema de gestión automatizada es siempre capaz de gestionar el régimen de motor y la relación de transmisión instantáneamente.

## **Diseño de los ensayos**

Reunidos tras la revisión de las características técnicas de los diversos modelos, se estableció que el objetivo fundamental de los ensayos de campo se centraría en verificar de manera lo más objetiva posible la gran evolu-

## CUADRO II. Condiciones del ensayo de campo con un chisel y una fresadora.

ENSAYO DE CAMPO	Apero	Profundidad (cm)	Velocidad (km/h)	Marcha en Fendt 209	Régimen motor rpm/ modelo	Régimen Toma de fuerza (rpm)
CAMPO	Chisel Kverneland CLM suspendido de nueve brazos	10	7,5	1S liebre	2.000/ 209 Seleccionado por el tractor/211 V	—
		10	10,8	2M liebre	2.000/ 209 Seleccionado por el tractor/211 V	—
		22	6,5	1M liebre	2.000/ 209 Seleccionado por el tractor/211 V	—
	Rotavator Kuhn 162-250	10	5,0	3S tortuga	2.150/ 209 Seleccionado por el tractor/211 V	1.000

ción que supone el tránsito de tractores de control básicamente mecánico y manual, frente al nuevo modelo 211 Vario con un elevado componente de gestión automatizada del motor y de las transmisiones. Todo ello debería redundar en una mejora de la uniformidad del trabajo, una disminución del consumo de combustible y un aumento significativo del confort y de la seguridad del operario.

Dado que el tractor Fendt 209 es de manejo manual se decidió que un operario altamente experimentado eligiera las condiciones de uso que se adecuaban a este equipo tanto en campo (empleando dos aperos: un chisel Kverneland CLM suspendido de 9 brazos y un rotavator Kuhn 162-250) como en transporte. Posteriormente y con el tractor 211 Vario se reproducirían las condiciones de velocidad y régimen de la toma de fuerza, dejando que el sistema centralizado gestionara las condiciones óptimas del motor y la transmisión. Las características del ensayo se muestran en el **cuadro II**.

El ensayo en transporte consistió en un recorrido de 7,4 km por caminos con un desnivel máximo de 40 m y dejando que el operador ajustara la marcha en el Fendt 209 con el fin de alcanzar una elevada velocidad de transporte (máximo 40 km/h) en condiciones suficientes de seguridad. En el Fendt 211 Vario se preseleccionó 40 km/h como velocidad de cruceo salvo reajuste por parte del operario en función de las necesidades del recorrido.

Finalmente los ensayos de ergonomía y seguridad se enfocaron especialmente al Fendt 211 Vario dado que sería imposible reproducir estas pruebas con el 209. En primer lugar, fijando en la parcela una velocidad elevada (20-30 km/h) se hizo descender súbitamente el chisel para comprobar la reacción del sistema electrónico de gestión del motor y de la transmisión. En segundo lugar se ascendió por un terraplén con velocidad variable, deteniendo el vehículo e invirtiendo en numerosas ocasiones el sentido de la marcha sin detener el motor.

Por último, se efectuaron ensayos de frenado brusco hasta total detenimiento del vehículo con el fin de verificar la respuesta del control automatizado del motor y de la transmisión.

### Caracterización de la parcela

La parcela en que se han realizado los ensayos está situada en la localidad de Juneda, Lleida, ubicada en el km 498 de la carretera A-2. La **figura 1** muestra una ortofoto obtenida en el Instituto Cartográfico de Cataluña.

La parcela para los ensayos de campo, el recorrido escogido para transporte, así como los tractores y aperos empleados fueron preparados por el responsable de demostraciones de Fendt, Jaume Pont.

Para caracterizar las condiciones de terreno en las operaciones de laboreo se procedió a muestrear en doble diagonal la zona de trabajo (**figura 1**) determinando la resistencia a la penetración mediante penetrómetro manual con punta de cono de 30 mm, así como la obtención de muestras para un posterior establecimiento de la densidad aparente ( $\text{kg/m}^3$ ) y la humedad del suelo (% de peso fresco).

El terreno se encontraba en buenas condiciones a pesar del frío, con bajos niveles de compactación (inferiores a 1,2 MPa), aunque aparece una zona de compactación mayor en torno a 10 cm de profundidad. El contenido medio de humedad se situó en  $14,2 \pm 1\%$  con una densidad aparente media de  $1.430 \pm 231 \text{ kg/m}^3$ .

### Procedimiento de trabajo

En el trabajo en campo, así como en el ensayo de transporte, se empleó como instrumentación de referencia un GPS diferencial (Garmin) con una frecuencia de muestreo de 1 Hz (1 medida por segundo), empleando como Datum el ED50 que es el geoide de referencia para Europa, junto con un caudalímetro volumétrico digital que informa del consumo de combustible real (detrayendo el retorno) instantáneo y acumulado con una resolución de  $\pm 1 \text{ cm}^3$ . Además, se empleó in situ, al inicio y final de los ensayos, un termómetro de infrarrojos para evaluar la temperatura del gasoil y así poder establecer su densidad ( $\text{g/l}$ ), observándose en ambos tractores un ascenso de temperatura de  $3^\circ\text{C}$ , pasando de  $5$  a  $8^\circ\text{C}$  entre el inicio y el final del ensayo.

El GPS diferencial registra tanto la posición en coordenadas esféricas: latitud ( $^\circ$ ) y longitud ( $^\circ$ ), transformables en coordenadas UTM (m), como la altitud respecto al nivel del mar



(m) y la velocidad real de avance (km/h), información que resulta básica para cotejar los datos tomados de forma manual. Estos últimos consistieron en una determinación duplicada del tiempo invertido por el tractor en cada pasada, cronometrado al paso de las balizas inicial y final de la besana (100 m de longitud). Dos operadores, cada uno dotado de un cronómetro y situados en cada extremo de la besana, se indicaban mediante una señal clara el instante de descenso y ascenso del apero al paso por las balizas inicial y final, instantes en los que un tercer operario en el interior del tractor iniciaba y finalizaba respectivamente el contador acumulativo del caudalímetro.

La figura 2 muestra la elevada correlación existente entre las determinaciones manuales y del GPS en velocidad real de avance (sobre el terreno). De igual forma ha ocurrido en dicha correlación al realizar ensayos de duración de los trayectos. Cada punto de la figura 2 es el resultado del cómputo para cada pasada de labor (18 en total) del valor medio manual (2 repeticiones) y del número de datos disponibles con GPS (entre 30 y 70 datos para las velocidades de trabajo más lenta y más rápida respectivamente). Considerando la elevada correlación y el mayor número de datos disponibles para el GPS, en adelante serán estos últimos los que se empleen en este estudio.

Para el tractor Fendt 211 Vario se dispuso además de los datos del régimen del motor (rpm), nivel de carga del motor (%) y régimen de la toma de fuerza (rpm), todos ellos grabados a través del conector de diagnóstico empleando para ello el software del servicio técnico de Fendt. La **figura 3** muestra el tipo de información recogida por el técnico durante la grabación de datos.

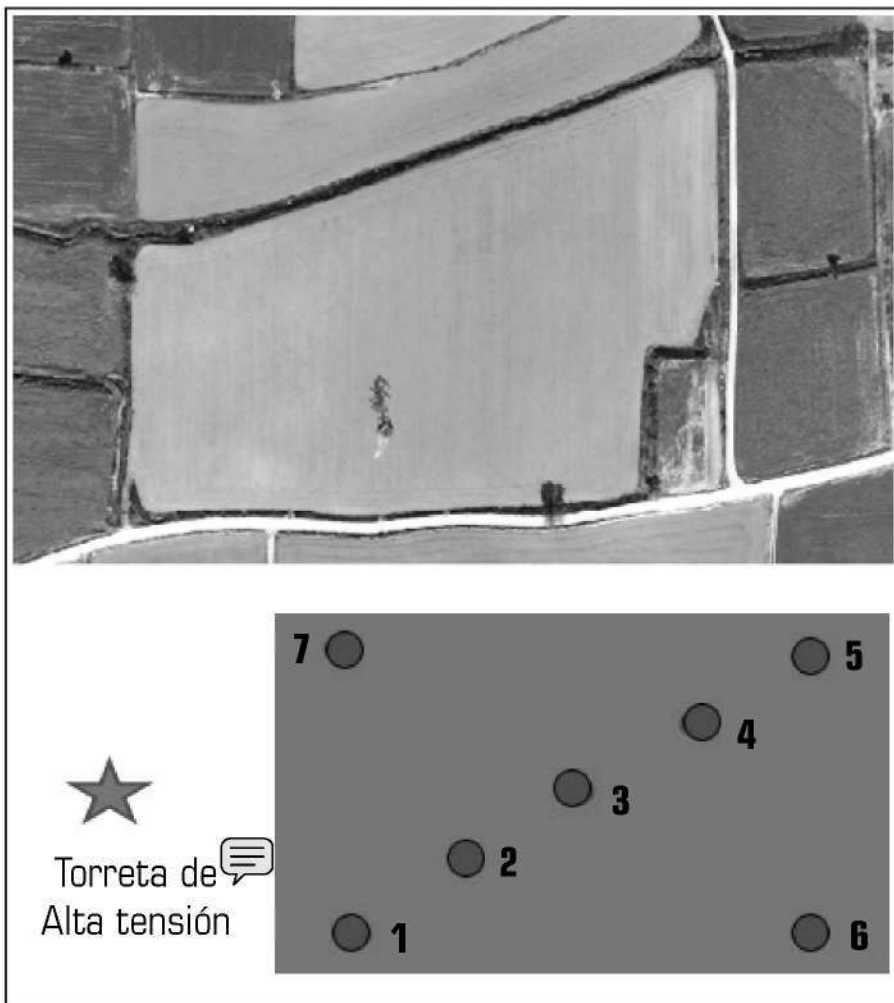
### Pesaje de tractores y ensayo de rodadura

Antes de realizar los ensayos de campo y transporte se efectuó un pesado de los tractores en Forrajes el Porvenir (Juneda, Lleida) en una báscula certificada. El **cuadro III** compara los resultados obtenidos, que indican que el modelo 209 se encontraba lastrado de manera que se asemejaran los pesos, en torno a 4.500 kg, y con ello las condiciones de tracción. El reparto de pesos al eje delantero y trasero es asimismo comparable y cercano al 50%.

Aprovechando el espacio y buena nivelación de las instalaciones mencionadas se procedió a evaluar el diámetro de rodadura

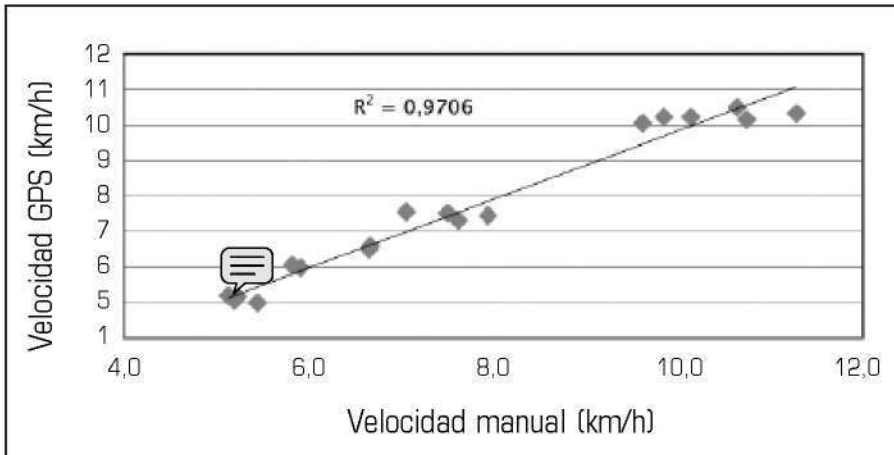
**Figura 1**

**Vista de la parcela. Ortofoto obtenida en el Instituto Cartográfico de Cataluña.**



**Figura 2**

**Correlación entre las medidas de la velocidad (km/h) tomadas de forma manual y con un GPS.**



en simple y doble tracción. Para ello se hizo avanzar el tractor una distancia igual a 10 vueltas de la rueda trasera calculando el diámetro equivalente sin más que dividir la distancia avanzada por diez veces el número pi (3,14159).

Todos los ensayos de campo posteriores se efectuarían en doble tracción como corresponde a tareas de laboreo con una elevada demanda de tracción.

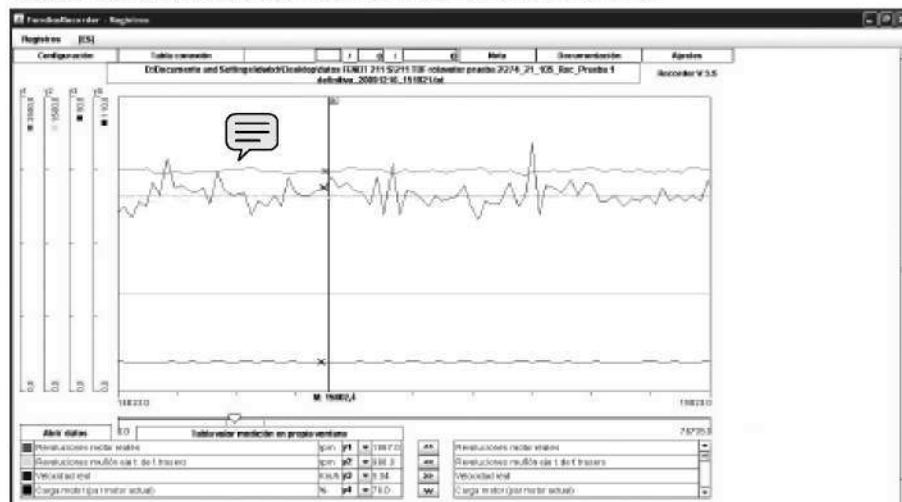
## Trabajo en campo

### Velocidad de trabajo

En este punto prestamos especial atención a la velocidad de trabajo y su uniformidad en condiciones variables de carga del motor. El cuadro IV muestra los valores medios de velocidad real de avance determinados con el GPS para ambos tractores (**figura 4**). Como se ha indicado en el procedimiento de trabajo, en el modelo Fendt 209 la velocidad real de avance es consecuencia de la marcha seleccionada y el régimen de motor (ajustado con el acelerador de mano en 2.000 rpm en vacío), mientras que en el modelo Fendt 211 Vario puede programarse cualquier valor de velocidad de avance y es la centralita del tractor la que ajusta el régimen de motor y la relación de transmisión para minimizar el consumo. Por este motivo se seleccionaron condiciones habituales con el tractor de cambio manual y se reprodujeron posteriormente en el 211 Vario. Como puede observarse en la **figura 5**, el modelo Fendt 211 Vario fue el que más se aproximó al valor prefijado, registrándose además una variabilidad media de la velocidad muy inferior para el 211 Vario comparado con el modelo 209 (0,30 y 0,42 km/h respectivamente). La mayor variabilidad en la velocidad real de avance se produjo en ambos tractores en las condiciones de

**Figura 3**

**Información recogida durante los ensayos del tractor 211 Vario sobre datos del régimen del motor, nivel de carga del motor y régimen de la tdf.**



trabajo del chisel a 22 cm de profundidad (0,52 y 0,59 km/h para el 211 Vario y 209, respectivamente).

Cabe destacar además que en el trabajo con rotavator las velocidades reales de trabajo en ambos tractores fueron superiores a las esperadas, aspecto que puede ser achacado al empuje del apero accionado a la toma de fuerza a 1.000 rpm.

### Consumo de combustible

En términos generales, el consumo de combustible en los ensayos de campo con el tractor Fendt 211 Vario ha sido un 21% más bajo en l/h que con el modelo 209 (**figura 6**). Destaca además que esta reducción se incrementa hasta un 33% en l/h y 38% en l/ha para los trabajos con chisel, dado que en este caso la centralita del tractor es libre de ajustar el régimen del motor y

la relación de transmisión para optimizar el consumo. No ocurre así en el trabajo con rotavator, en el que se impuso como consigna mantener la velocidad de avance y el régimen a la toma de fuerza constantes. En el trabajo con rotavator en carga variable la reducción de consumo registrada fue del 18% expresado en l/h y 15% expresado en l/ha.

Tan sólo en el ensayo con rotavator a 5 km/h se observó un mayor consumo con el tractor 211 Vario comparado con el 209, aspecto que es una consecuencia de la mayor potencia desarrollada a la tdf en el 211 Vario, fácilmente perceptible por la mayor vibración del suelo y desmenuzamiento del terreno al paso del tractor. En condiciones habituales de campo resultaría más deseable fijar el régimen de la toma de fuerza y dejar que el sistema de gestión automatizada ajustara la velocidad de avance para minimizar el consumo de combustible.

En el ensayo con rotavator y carga variable (incremento súbito de la profundidad de trabajo para reproducir un aumento local de compactación del suelo) el consumo de combustible con el Fendt 211 Vario fue significativamente menor que con el Fendt 209 (15,2 l/h y 12 l/ha comparado con 18,6 l/h y 14,2 l/ha en el Fendt 211 Vario y 209, respectivamente), en este caso la gestión automatizada e instantánea del motor redundó en una clara optimización del consumo de combustible).

Los datos de consumo para ambos modelos son destacables por su baja cuantía (entre

**CUADRO III. Condiciones del ensayo de campo con un chisel y una fresadora.**

	Peso total (kg)	Porcentaje de peso al eje delantero (%) y código de los neumáticos delanteros	Porcentaje de peso al eje trasero (%); código de los neumáticos traseros; diámetro teórico (cm)	Diámetro de rodadura del neumático trasero en simple tracción (cm)	Diámetro de rodadura del neumático trasero en doble tracción (cm)
209	4.460	50% 360/70 R20	50% 420/85 R30 147,6	142,0	143,5
211 Vario	4.780	50,1% 440/65 R24	49,9% 480/70 R34 153,6	146,7	150,7



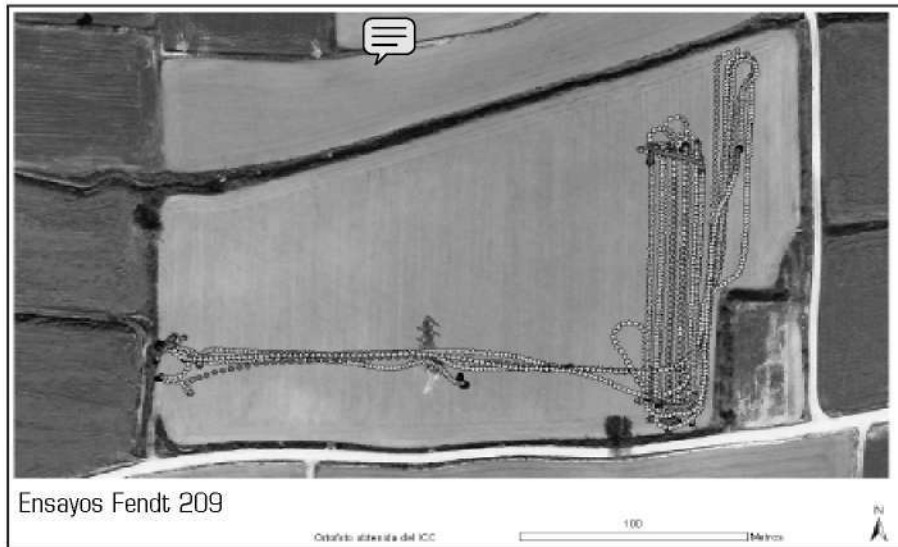
4 y 12 l/ha en labor con chisel), cuando los comparamos con valores de referencia aportados por el IDAE para la operaciones de laboreo: 10-18 l/ha en trabajo con chisel. Este hecho puede ser achacado en parte al buen tempero del suelo a pesar de las bajas temperaturas.

Otro aspecto destacable en relación con el consumo está relacionado con la gestión electrónica del motor en el Fendt 211 Vario por contraposición con la gestión mecánica de la inyección en el motor del Fendt 209 durante el arranque en frío. Así por ejemplo, en el tractor Fendt 209 se observó al inicio de la jornada y en los primeros instantes del arranque, una bocanada de humo gris oscuro (humo visible cuando se emite carbono puro u hollín en cuantías superiores a 120-130 mg/m<sup>3</sup> y humo negro para valores superiores a 600 mg/m<sup>3</sup>). Aspecto que en ningún caso se observó con el modelo Fendt 211 Vario. Es importante recordar que nos encontrábamos en condiciones ambientales próximas a 0°C tal y como se reflejó en la temperatura del combustible.

Por otra parte, evaluados los consumos en cabecera se obtienen datos aproximados de 2,9 l/h para el Fendt 209 y 2,3 l/h para el Fendt 211 Vario lo cual es congruente con la reducción de un 20% de consumo consignada en el resto de las operaciones de campo en el modelo Vario con gestión electrónica de motor, respecto al modelo 209 que dispone de gestión mecánica de la inyección.

**Figura 4**

**Valores medios de velocidad real de avance determinados de forma manual y mediante GPS.**



Las **figuras 7 y 8** muestran el nivel de carga medio del motor y su régimen en cada uno de los ensayos de campo con el tractor Fendt 211 Vario. Puede verificarse que la central electrónica de gestión del motor tiende a mantener el régimen bajo (cercano a 1.400 rpm) para reducir el consumo y tan sólo en trabajos con rotavator resultó imprescindible elevar el régimen hasta valores cercanos a 1.800 rpm, debido como ya se ha indicado a que se fijó si-

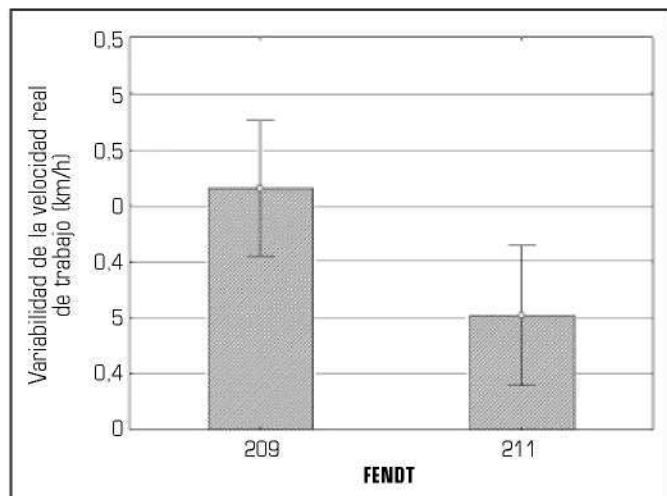
multáneamente la velocidad de avance. Con el Fendt 209 se trabajó entre 2.000 y 2.100 rpm, siendo este último valor el nivel de consumo específico mínimo según el fabricante.

### Rendimiento efectivo

Los tiempos aproximados en cabecera con el Fendt 209 se sitúan en torno a 23+3 segundos mientras que con el Fendt 211 Vario descienden a 17+3 segundos, es decir, se pro-

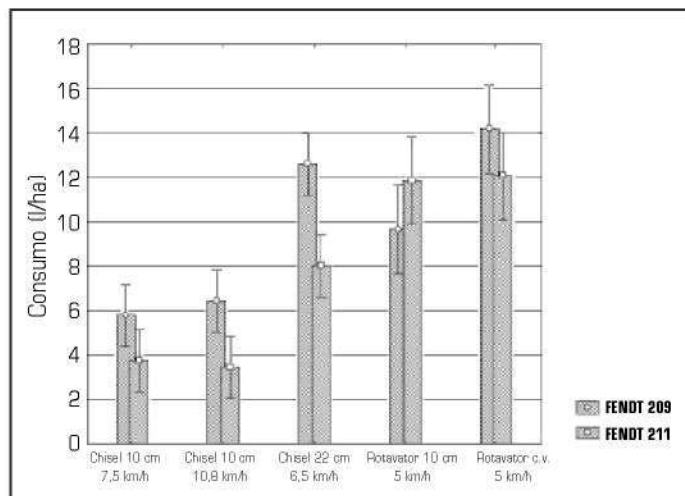
**Figura 5**

**Variabilidad media de la velocidad para el 211 Vario comparado con el modelo 209.**



**Figura 6**

**Comparativa de consumo (l/ha) entre los modelos 211 Vario y 209.**





duce una reducción de tiempos accesorios cercana al 25%.

Una cuestión interesante es evaluar hasta qué punto una reducción en los tiempos accesorios de esta magnitud puede afectar a los rendimientos efectivos o de campo. Consideraremos para ello distintos escenarios en cuanto a longitud de las besanas y velocidad de trabajo. Calculamos de acuerdo con ello la capacidad de trabajo teórica ( $St\ (ha/h) = anchura\ útil\ (m) \times velocidad\ real\ de\ avance\ (km/h) / 10$ ) y los tiempos accesorios ( $TA\ (h/ha) = n^o\ de\ virajes\ por\ ha \times duración\ del\ viraje\ en\ horas$ ).

Podemos ver claramente como a medida que aumenta la velocidad de avance resulta mayor la incidencia del tiempo de viraje en el rendimiento efectivo o de campo (**cuadro V**). Asimismo, a mayor longitud de besana mayor rendimiento efectivo. La incidencia de la duración del viraje puede determinar, en estos escenarios, incrementos en el rendimiento efectivo de hasta cinco puntos porcentuales.

Ensayo en transporte

Las **figura 9** muestran el recorrido realizado con una longitud estimada de acuerdo con el GPS de 7,4 km y un desnivel máximo de 40 m. El color rojo indica una velocidad próxima a la de crucero (40 km/h) mientras que los colores amarillos y verdes indican que el usuario ha realizado una reducción de velocidad de avance para abordar curvas y cruces. La parcela de trabajo y los distintos trayectos en campo quedan asimismo reflejados en esta superposición de los datos del GPS respecto a las ortofotos disponibles en el Instituto Cartográfico de Cataluña.

El **cuadro VI** resume los resultados de velo-



Falta el pie de fotos 10 y 11



cidad media de transporte (km/h) y consumo horario (l/h) durante el ensayo de transporte. El modelo 211 Vario permite un aumento de la velocidad media del 15% y una reducción del 6% en el consumo horario medio.

Uno de los aspectos destacables es la facilidad de conducción en el Fendt 211 Vario que permite mantener una elevada velocidad de avance próxima al límite establecido por ley (40 km/h) durante una buena parte del recorrido. En el tractor Fendt 209 hicieron falta no menos de 8 cambios de marcha manual durante el recorrido.

Ergonomía y seguridad

En este punto, se realizaron tres ensayos distintos: ascenso por terraplenes de elevada pendiente, descenso súbito de un apero en campo a alta velocidad de avance y frenada brusca en carretera.

El primer ensayo consistió en el ascenso de un terraplén controlando en todo momento la velocidad de avance, parando sistemáticamente durante el ascenso, invirtiendo el sentido de la marcha y aumentando con toda suavidad la velocidad a la demanda del usuario. Todo ello sin

CUADRO IV. Valores medios de velocidad real de avance determinados con el GPS para ambos tractores y comparativa con un valor prefijado.

		Chisel 10 cm	Chisel 10 cm	Chisel 22 cm	Rotavator 10 cm	Rotavator carga variable
Fendt 209	V. real (km/h)	7,40	10,21	5,94	5,12	5,23
Fendt 211 Vario	V. real (km/h)	7,58	10,51	6,61	5,15	5,20
	Vel. programada (km/h)	7,5	10,8	6,5	5,0	5,0

Figura 7

Régimen del motor (rpm) registrados en el trabajo con chisel y rotavator en el Fendt 211 Vario.

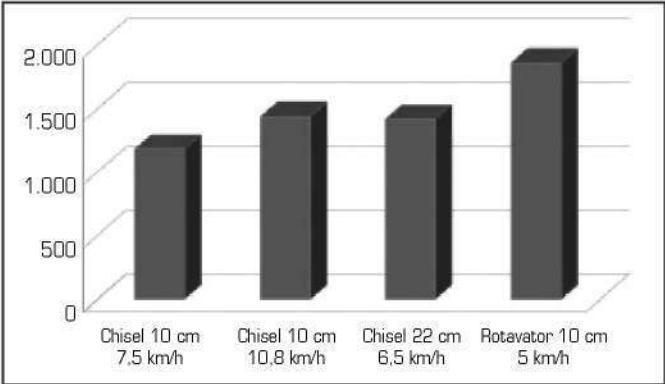
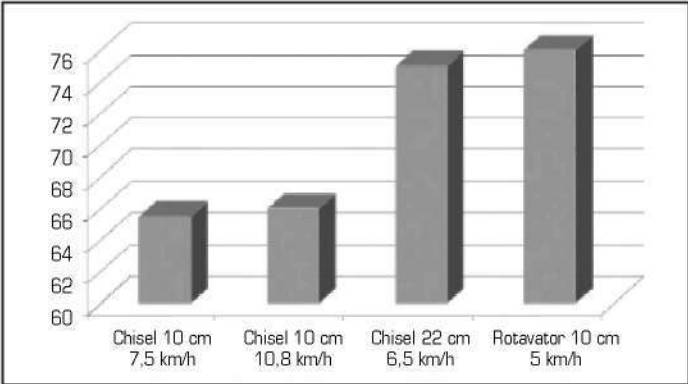


Figura 8

Carga del motor (%) del Fendt 211 Vario trabajando a distintas profundidades con un chisel y un rotavator.



## CUADRO V. Capacidad de trabajo teórica y tiempos accesorios en función de la longitud de la besana y de la velocidad de trabajo.

Fendt 209	23 segundos por viraje			2,4 m ancho de trabajo					
	5 km/h			7,5 km/h			10 km/h		
	1/st (h/ha)	TA (h/ha)	Rdto. efectivo	1/st (h/ha)	TA (h/ha)	Rdto. efectivo	1/st (h/ha)	TA (h/ha)	Rdto. efectivo
100	0,8333	0,266	0,758	0,556	0,266	0,676	0,417	0,266	0,610
150	0,8333	0,177	0,824	0,556	0,177	0,758	0,417	0,177	0,701
200	0,8333	0,133	0,862	0,556	0,133	0,807	0,417	0,133	0,758
Fendt 211 Vario	17 segundos por viraje			2,4 m ancho de trabajo					
	5 km/h			7,5 km/h			10 km/h		
	1/st (h/ha)	TA (h/ha)	Rdto. efectivo	1/st (h/ha)	TA (h/ha)	Rdto. efectivo	1/st (h/ha)	TA (h/ha)	Rdto. efectivo
100	0,8333	0,197	0,809	0,556	0,197	0,738	0,417	0,197	0,679
150	0,8333	0,131	0,864	0,556	0,131	0,809	0,417	0,131	0,761
200	0,8333	0,098	0,894	0,556	0,098	0,850	0,417	0,098	0,809

pisar en ningún momento el pedal del embrague y sin que se produjera ningún cambio brusco del régimen de motor ni calado del vehículo.

El segundo ensayo consistió en programar en campo una velocidad de avance elevada (20 km/h) y hacer descender de manera súbita el chisel para comprobar que el sistema de gestión automática del motor y de la transmisión era capaz de adaptar la relación de cambio y el régimen del motor de forma suave sin que se produjera situación de riesgo ni calado del motor, regulando la máxima velocidad de marcha para la potencia del tractor. Todo ello sin presionar en ningún momento el pedal del embrague.

El último ensayo consistió en la realización de una frenada brusca en carretera, para ello se programó una velocidad de 30 km/h y se realizó una frenada brusca sin pisar el pedal del embrague comprobando que tanto la velocidad de avance como el régimen del motor se adaptaban a las circunstancias sin calado del motor, incluso con el vehículo totalmente detenido.

## Conclusiones finales

El tractor Fendt 211 Vario representa una nueva generación de tractores tecnológicamente muy avanzada en una gama de potencias media (110 CV/85 kW) con peso moderado (4.000 kg aproximadamente) y dimensiones reducidas (batalla de 2,29 m), polivalente en su forma de trabajo (simple y doble tracción), capaz de adaptarse a una gran variedad de tareas de campo (acoplamiento y accionamiento trasero y frontal), de carga (inversión bajo carga) y transporte (programación de velocidad de crucero), con una elevada estabi-

## CUADRO VI. Resultados de velocidad media de transporte (km/h) y consumo horario (l/h) durante el ensayo de transporte.

Modelo	Consumo (l/h)	Velocidad media (km/h)
209	11,1	29,3
211	10,5	33,9

## Figura 9

Recorrido realizado con una longitud estimada de acuerdo con el GPS de 7,4 km



lidad dado su bajo centro de gravedad.

La disponibilidad de una transmisión continua (Vario), así como de un sistema de gestión electrónico del motor y de las transmisiones constituyen un cambio drástico en el manejo del tractor, mucho más sencillo, con una significativa reducción del consumo (superior al 20% de media y de hasta el 38% en algunas operaciones de campo), y mejora de la ergono-

mía por parte del usuario.

Las posibilidades de gestión automatizada permiten mejorar la uniformidad de las labores en campo (uniformidad de la velocidad) e incrementar los rendimientos de trabajo de forma significativa (hasta cinco puntos porcentuales según las características de las parcelas de acuerdo con distintos escenarios simulados sobre la base de resultados de campo). ●